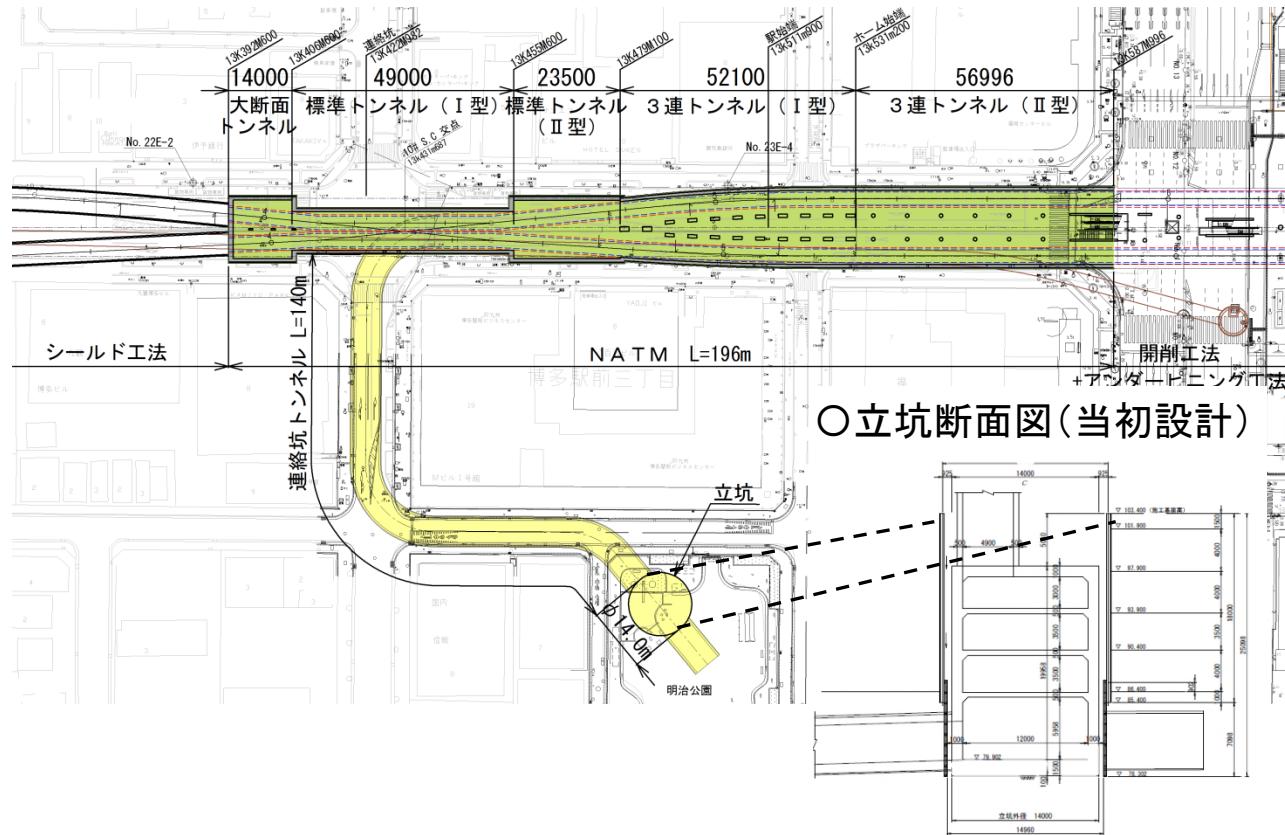


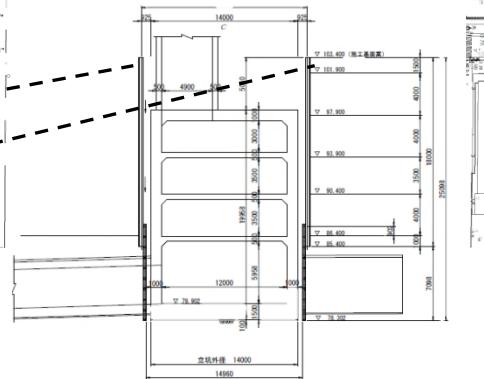
4 博多駅工区ナトム区間の施工

(1) ナトム区間施工概要

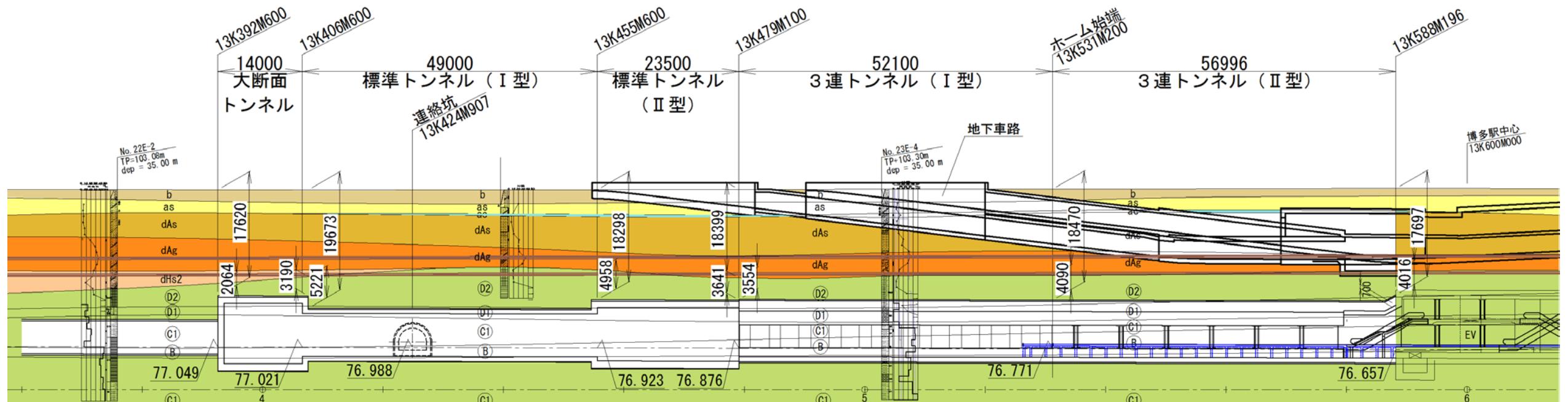
○平面図（当初設計）



○立坑断面図（当初設計）



○縦断面図（当初設計）



○ナトム工法について

NATM (New Austrian Tunneling Method) は、トンネル周囲の地盤がトンネルを支えようとする保持力を利用するため、掘削した岩盤の緩みが小さいうちに、早期にコンクリートを吹き付け、鋼製支保工を建て込み、ロックボルトを打設して、地盤の安定を確保しながらトンネルを掘進する工法である。

このため、施工中においては、切羽（掘削前面の地盤）の観察やトンネルの挙動などを計測し、その結果を設計と施工に反映させ、必要に応じた対策（設計変更）を講じながら施工することが特徴である。

○施工計画立案条件

1. ナトム区間の施工条件

- ①土被り・岩被りが小さい。（最小土被り約17m・最小岩被り約2m）
- ②大断面の掘削がある。
- ③トンネル天端部に風化した岩盤層が連続して出現する。

2. 周辺環境の制約条件

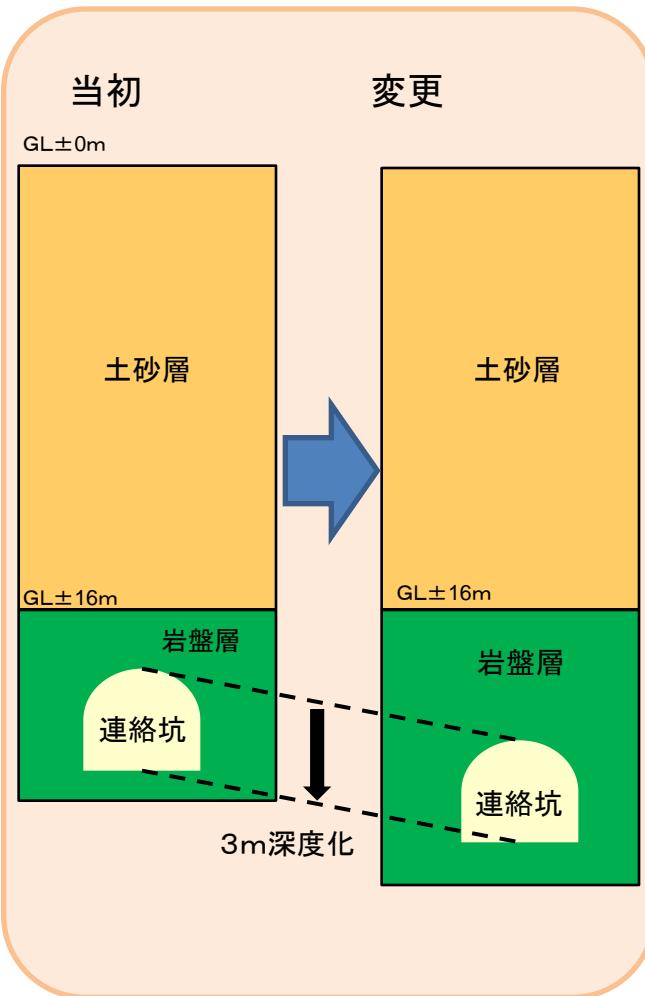
- ①幹線道路（はかた駅前通り）の地表面沈下を抑制する必要がある。
- ②地下埋設物（下水道幹線・ガス管〔中圧管〕）の変位を抑制する必要がある。
- ③地下車路の変位を抑制する必要がある。

4 博多駅工区ナトム区間の施工

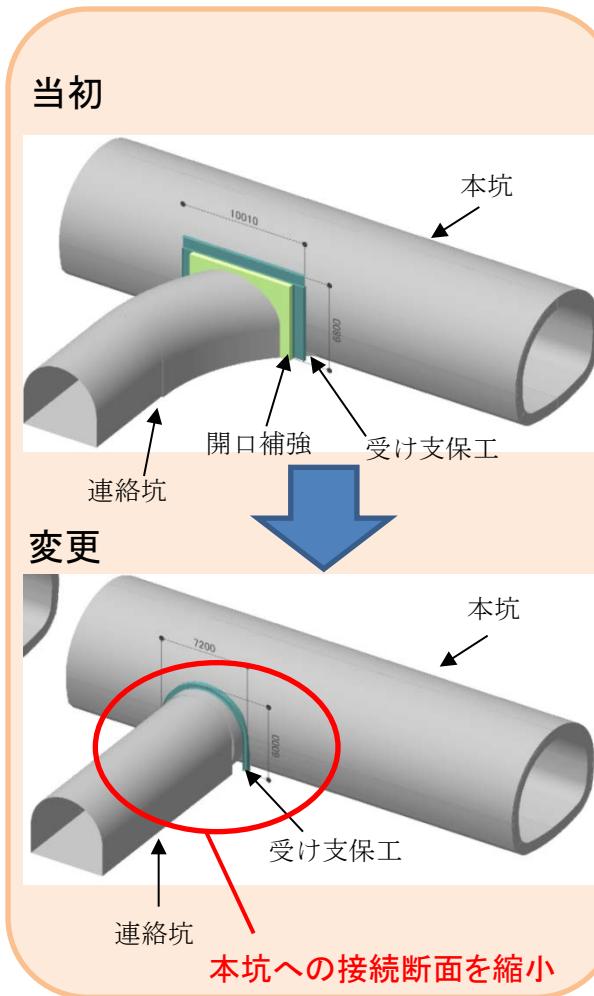
(2) - 1 立坑・連絡坑・標準トンネル・三連トンネルの変更概要

項目	当初	変更点	変更理由	技術専門委員会
①立坑	当初深度: 25.098m	変更深度: 28.164m	立坑部における地質調査の結果, 当初設計条件と比較して, 変形しやすいことが分かったことから, <u>より安全に施工</u> するため。	第4回技術専門委員会
②本坑-連絡坑取付け部	本坑と連絡坑が斜めに接続	本坑と連絡坑が直交して接続	追加ボーリングでの試験結果, 変形係数が当初設計の半分程度であることが分かったことから, <u>より安全に施工</u> するため。	第5回技術専門委員会
③標準トンネル I・II型掘削方法	上半先進工法	導坑先進工法	標準トンネル I・II型の地山状況を観察・調査し, 岩盤の情報を得るため。 <u>(より慎重な掘削工法)</u>	第5回技術専門委員会 第6回技術専門委員会
④三連トンネル I・II型掘削方法	上下半掘削 (中央坑)	上下半・インバート掘削 (中央坑)	標準トンネルと同様に地山状況を観察・調査し, 岩盤の情報を得るため。 <u>(より慎重な掘削工法)</u>	第5回技術専門委員会 第6回技術専門委員会

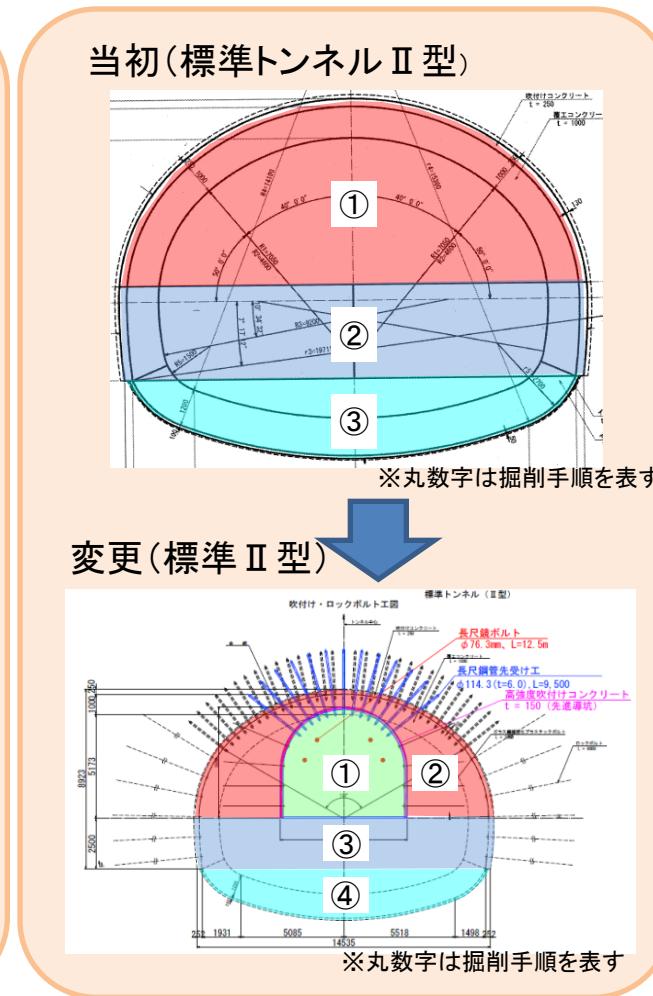
① 立坑



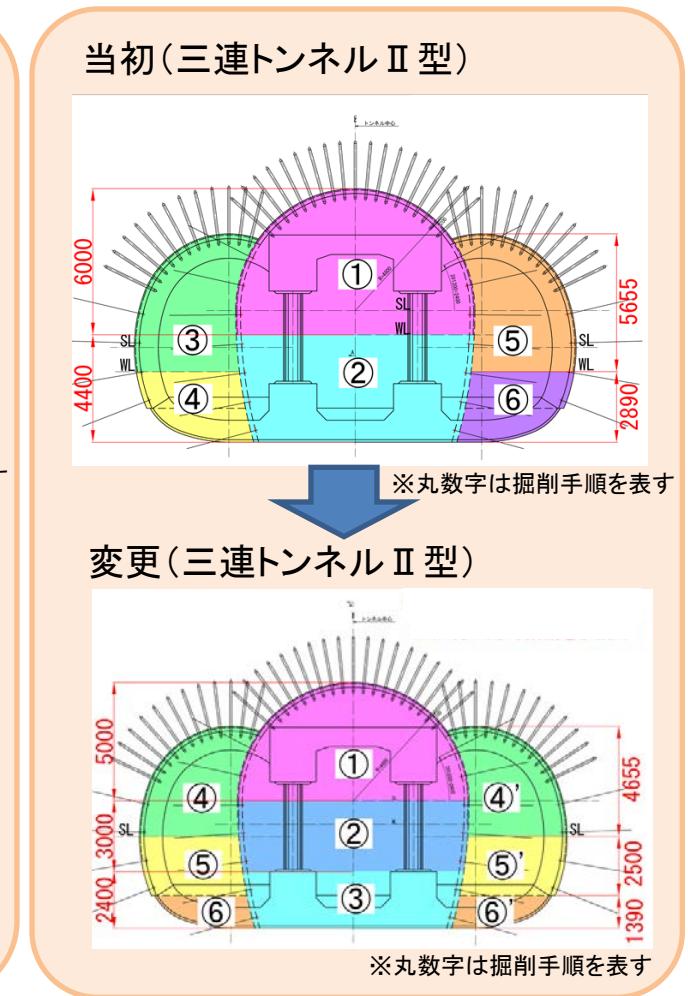
② 連絡坑～標準トンネル取付け部



③ 標準トンネル I・II型掘削方法



④ 三連トンネル I・II型



4 博多駅工区ナトム区間の施工

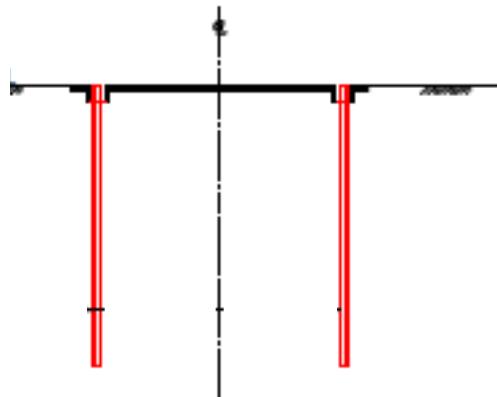
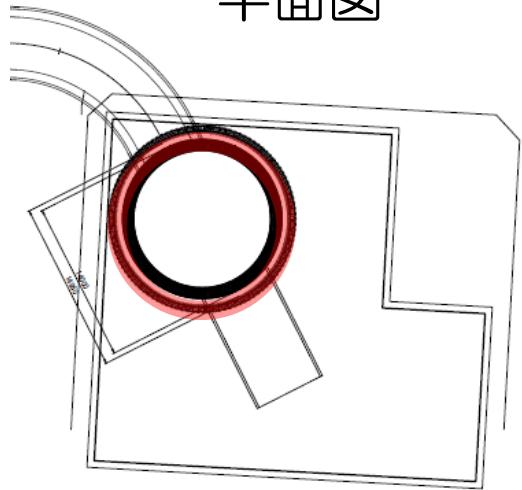
(2) - 2 立坑掘削手順

凡例	
	施工中
	施工完了

①土留壁の打設 平成26年8月～平成26年9月

平面図

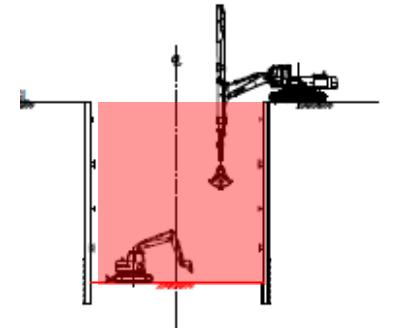
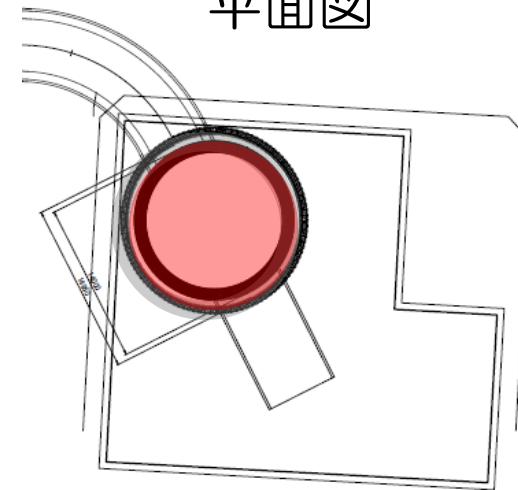
断面図



②立坑の掘削(土砂部) 平成26年9月～平成26年11月

平面図

断面図

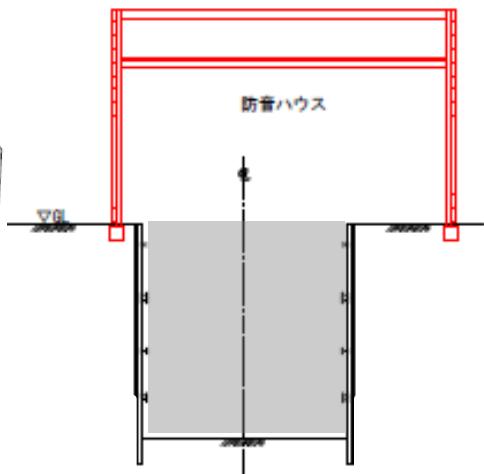
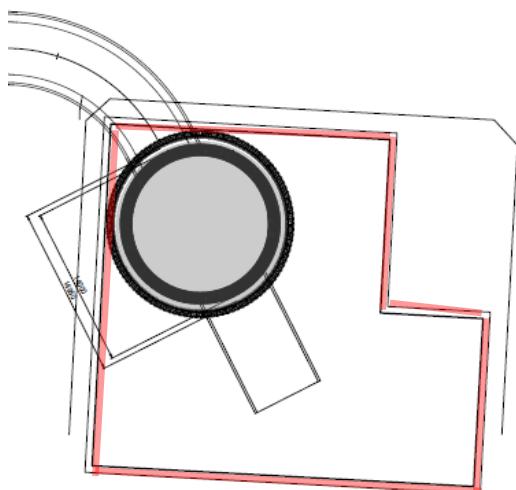


立坑掘削状況

③防音ハウスの設置 平成26年11月～平成27年2月

平面図

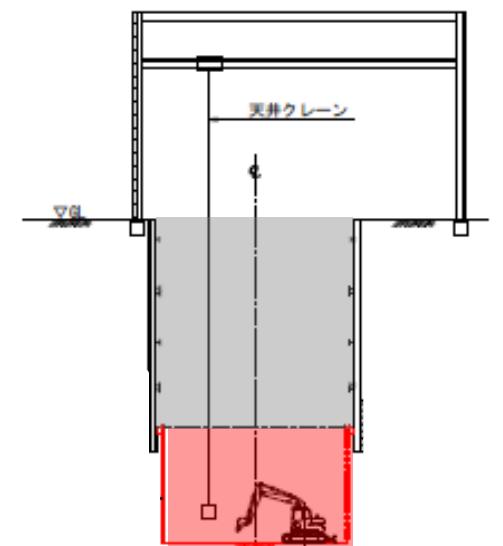
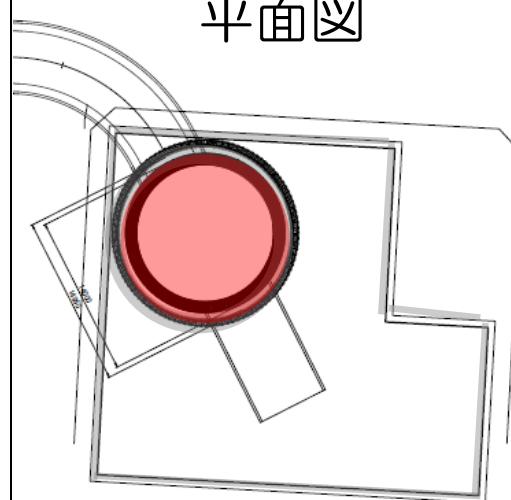
断面図



④立坑の掘削(岩盤部) 平成27年2月～平成27年4月

平面図

断面図

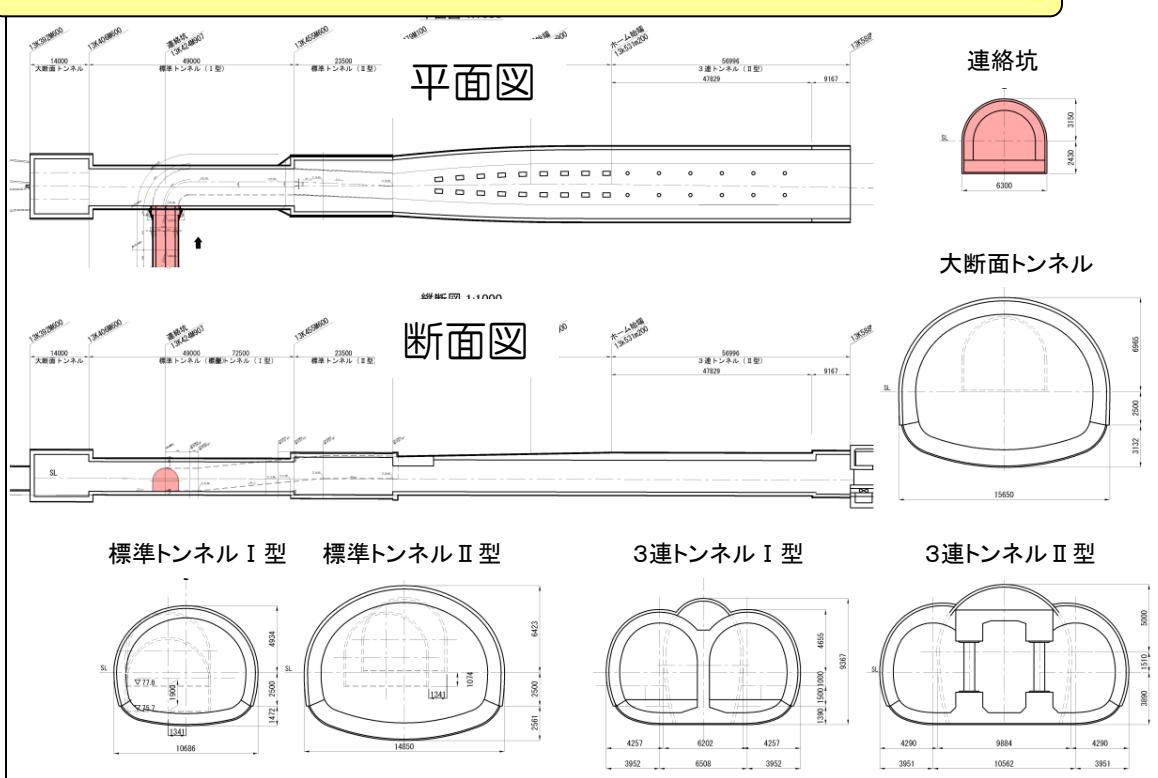


4 博多駅工区ナトム区間の施工

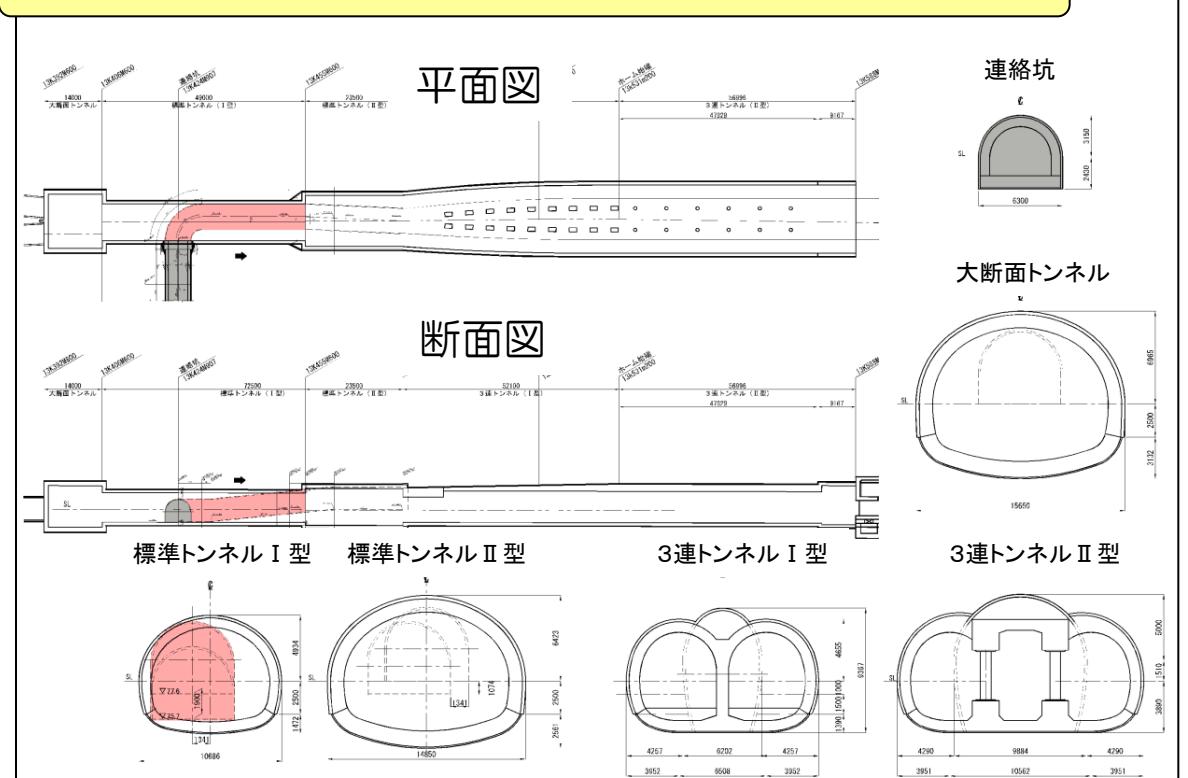
(2) - 3 連絡坑～標準トンネル～三連トンネル掘削手順 (事故発生まで)

凡例	
■	施工中
■	施工完了

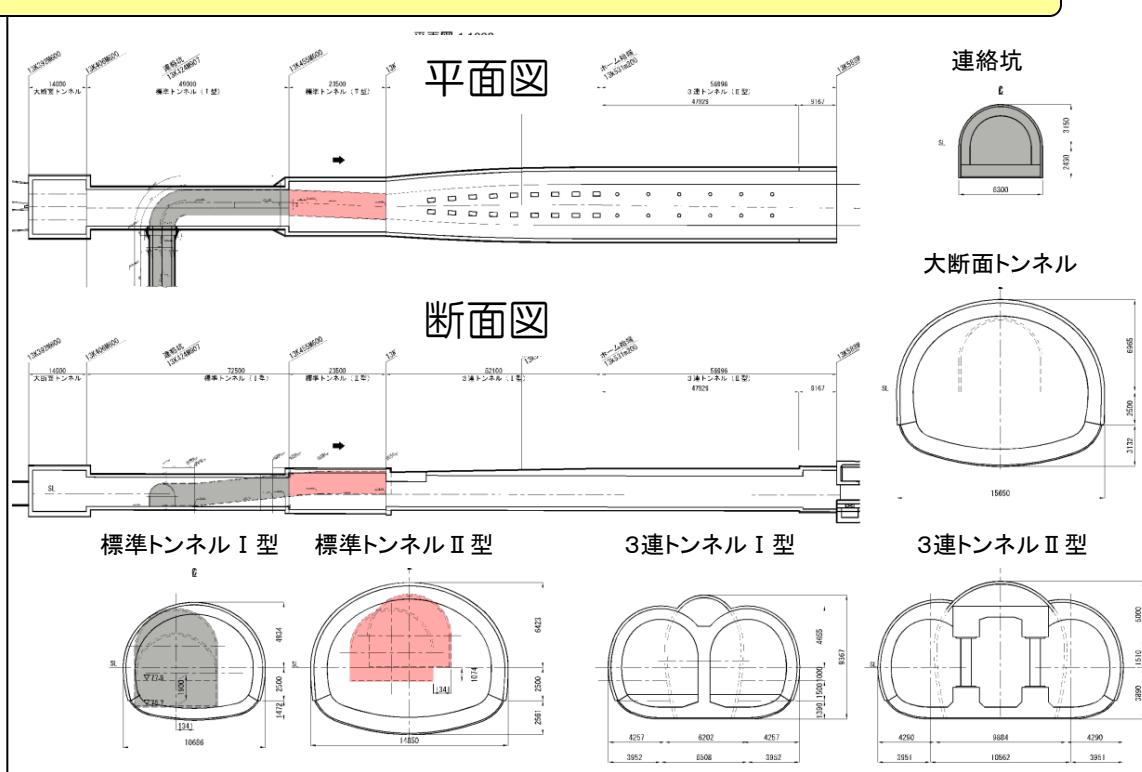
①連絡坑の掘削 平成27年5月～平成27年8月



②先進導坑の掘削(標準トンネル I 型内) 平成27年8月～平成27年9月



③先進導坑の掘削(標準トンネル II 型内) 平成27年9月～平成27年10月



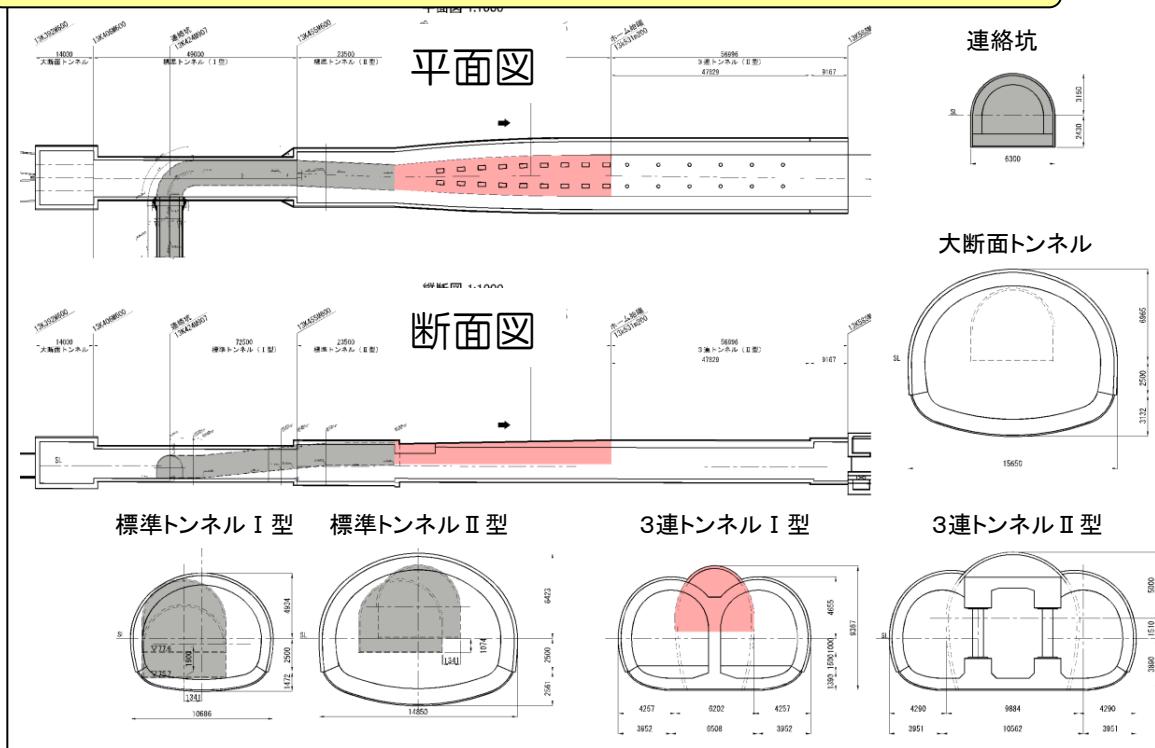
連絡坑掘削状況

4 博多駅工区ナトム区間の施工

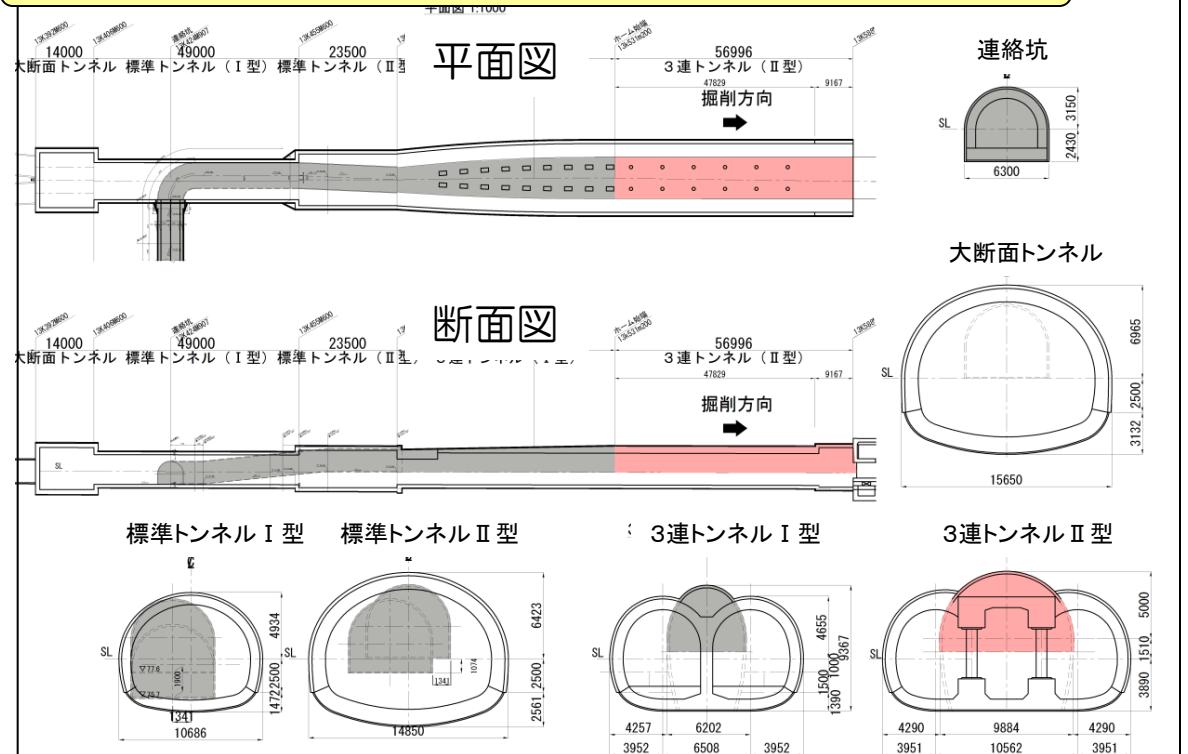
(2) - 3 連絡坑～標準トンネル～三連トンネル掘削手順（事故発生まで）

凡例	
■	施工中
■	施工完了

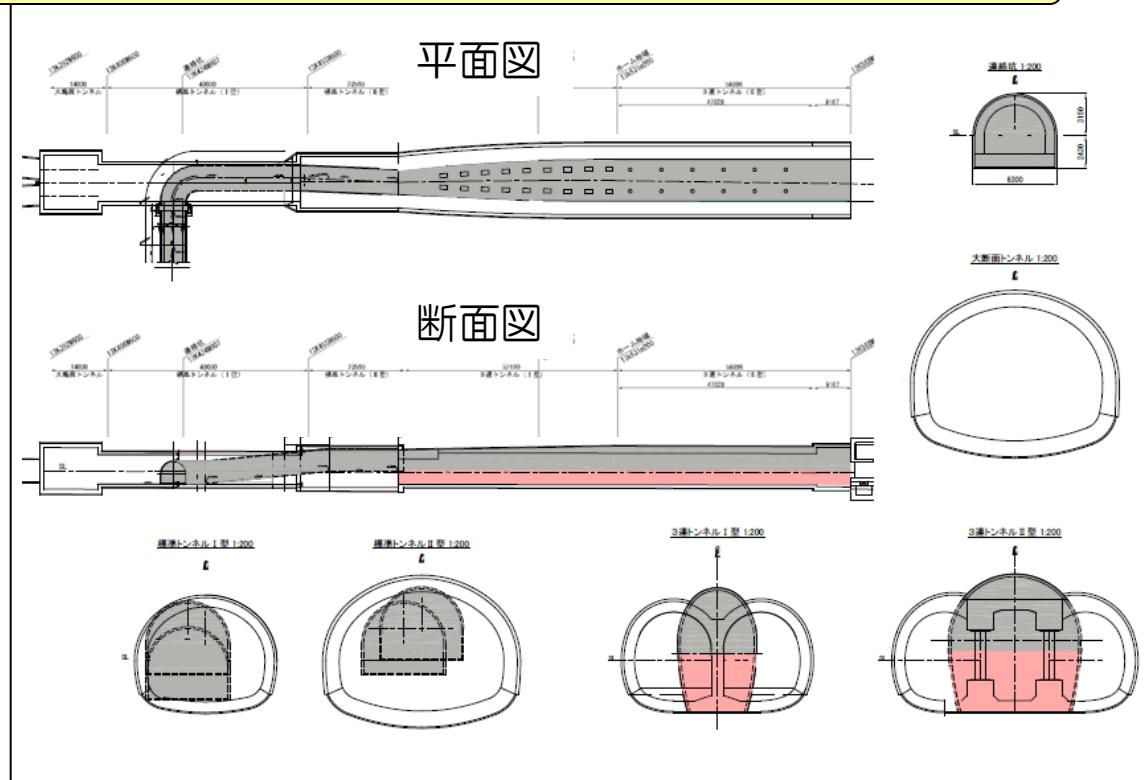
④ 3連トンネル I 型 中央上半掘削 平成27年10月～平成27年12月



⑤ 3連トンネル II 型 中央上半掘削 平成27年12月～平成28年2月



⑥ 3連トンネル I・II 型 中央下半・インバート掘削 平成28年2月～平成28年6月

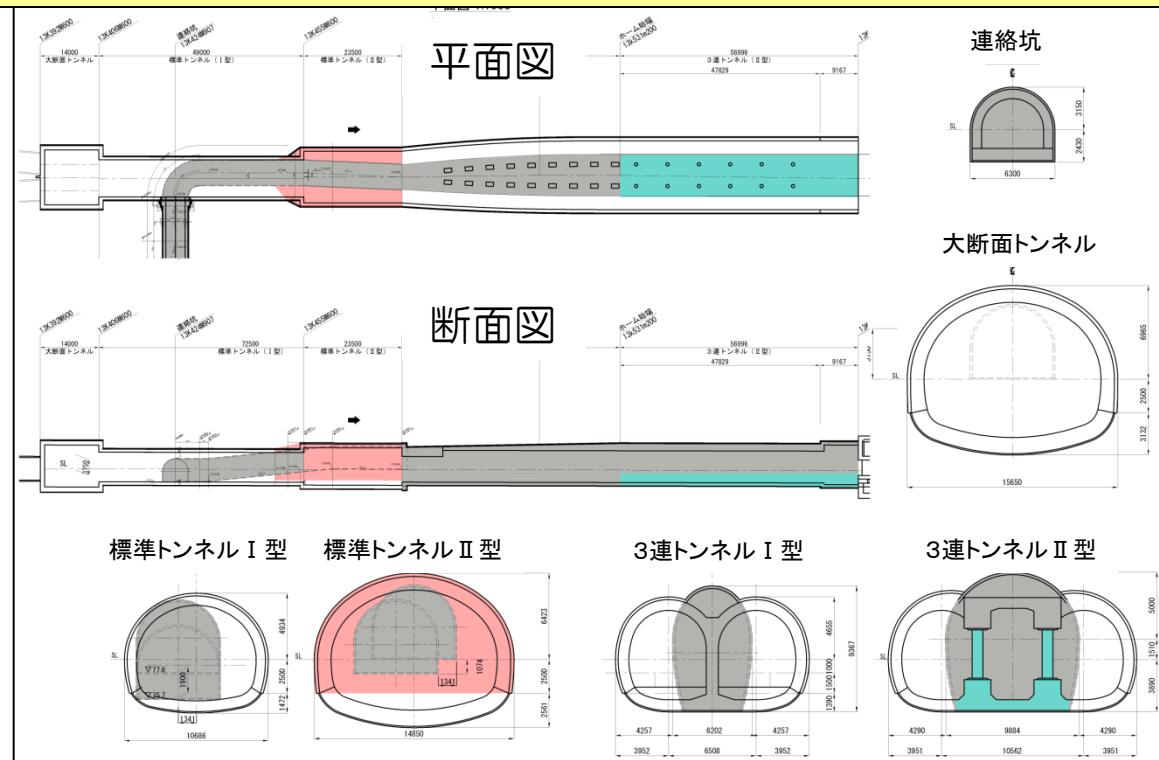


4 博多駅工区ナトム区間の施工

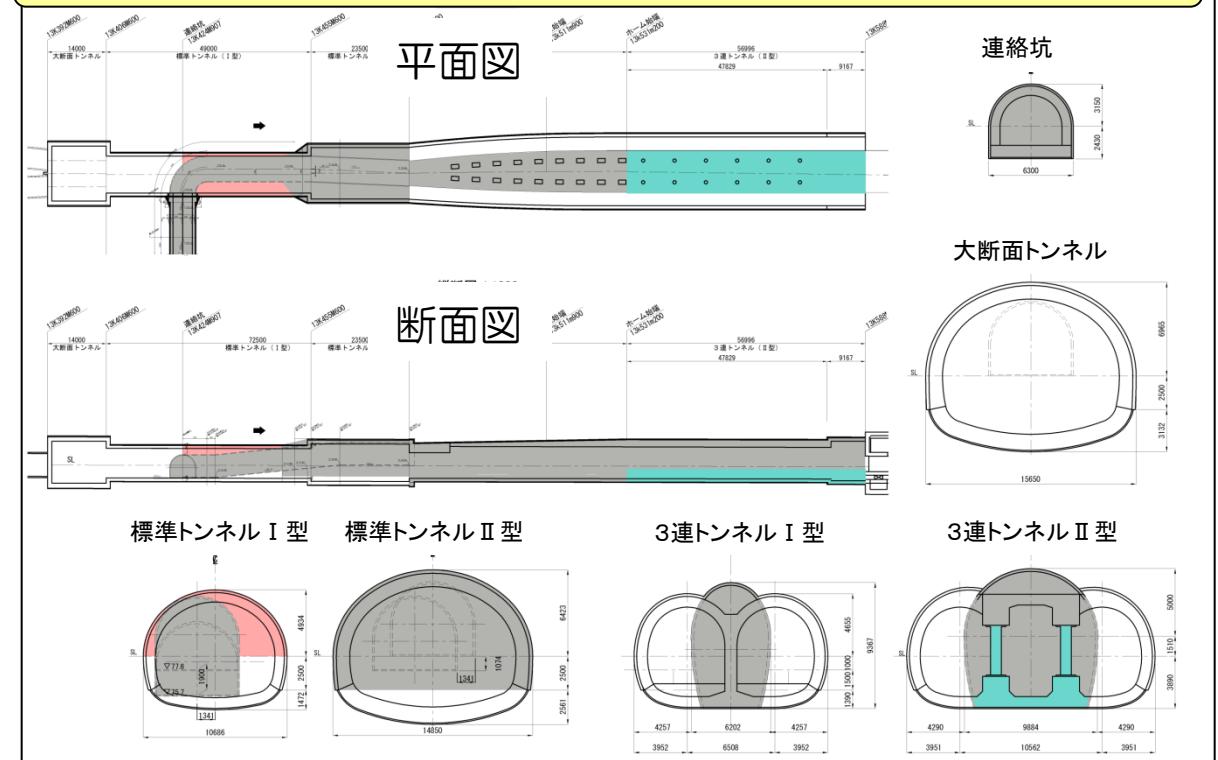
凡例	
	施工中
	施工完了
	躯体構築

(2) - 3 連絡坑～標準トンネル～三連トンネル掘削手順 (事故発生まで)

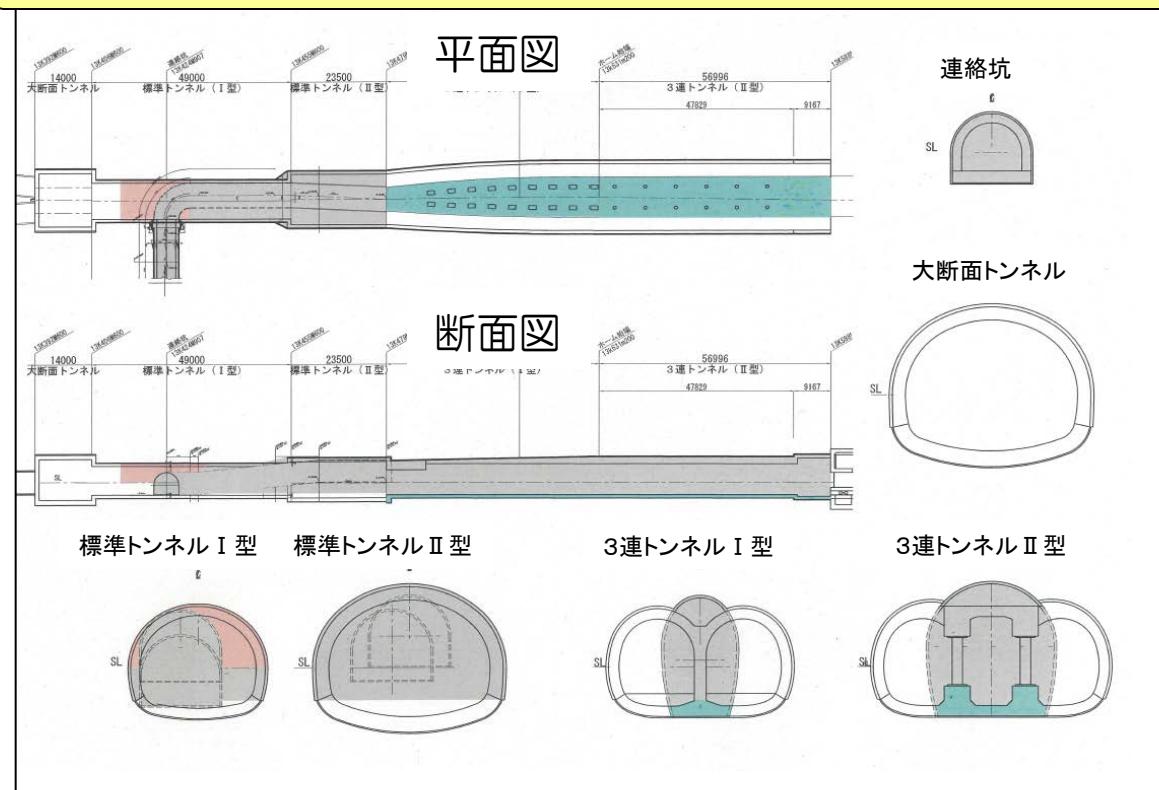
⑦標準トンネルⅡ型 上半切上げ掘削+3連トンネル中央坑躯体構築 平成28年4月～平成28年5月



⑧標準トンネルⅠ型 上半切上げ掘削+3連トンネル中央坑躯体構築 平成28年6月～平成28年8月



⑨標準トンネルⅠ型 交差部上半掘削+3連トンネル中央坑躯体構築 平成28年8月～平成28年9月



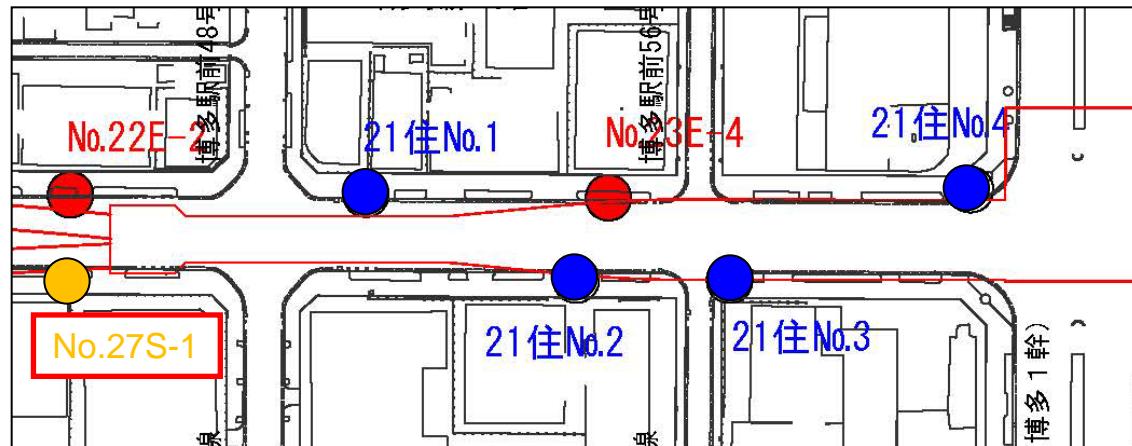
4 博多駅工区ナトム区間の施工

(3) - 1 大断面トンネル（ボーリング調査）

平成27年10月に実施した追加のボーリング調査結果から当初想定よりも土砂層が厚いことが判明した。

a) 追加のボーリング調査

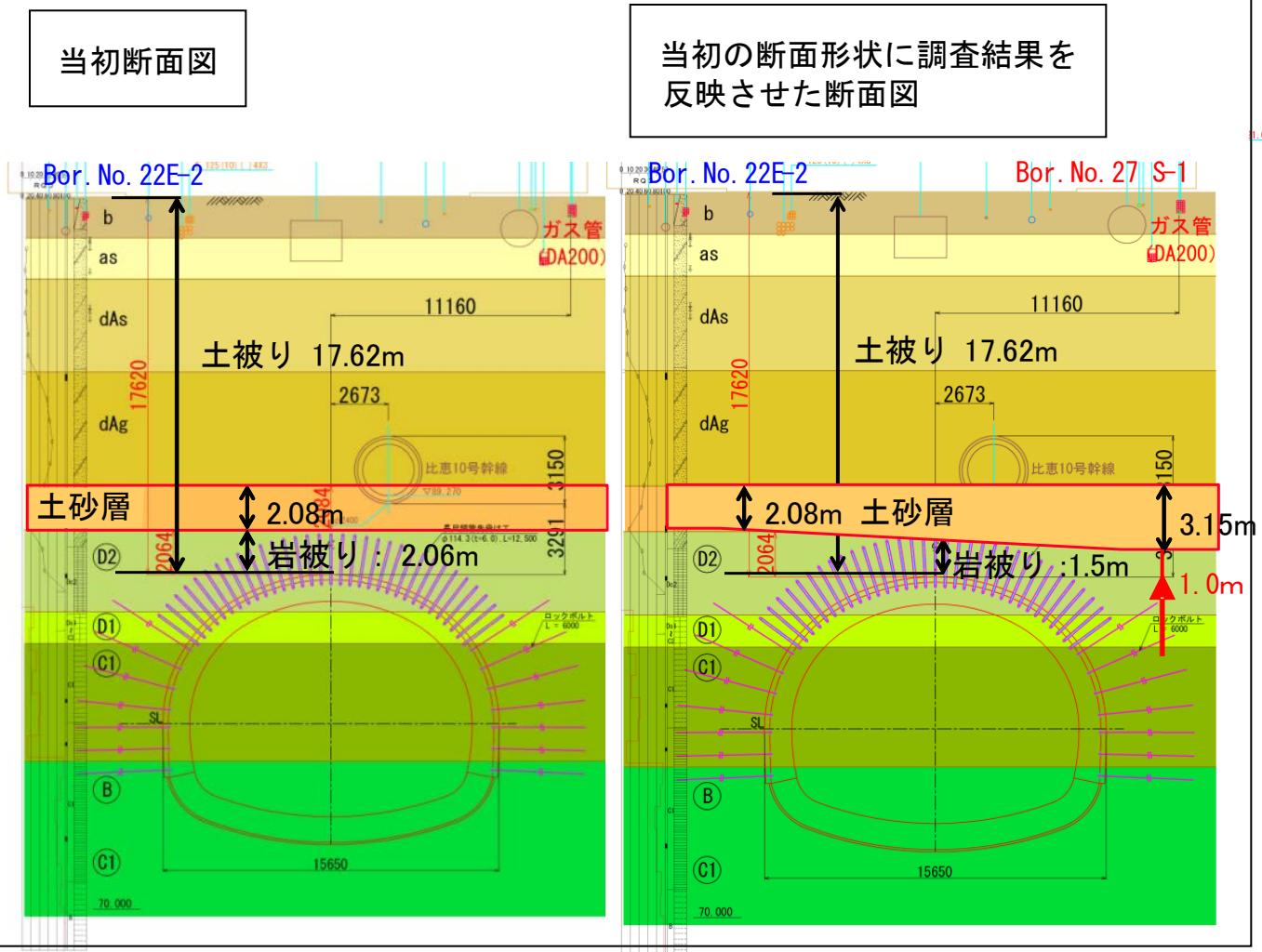
平成27年10月、JVが追加のボーリング（No. 27 S-1）を実施。調査結果から当初の想定よりも土砂層が厚いことが判明した。



凡例	
● (Red)	設計時ボーリング
● (Blue)	既存ボーリング
● (Yellow)	大成JVによる追加ボーリング

b) 断面形状の変更理由

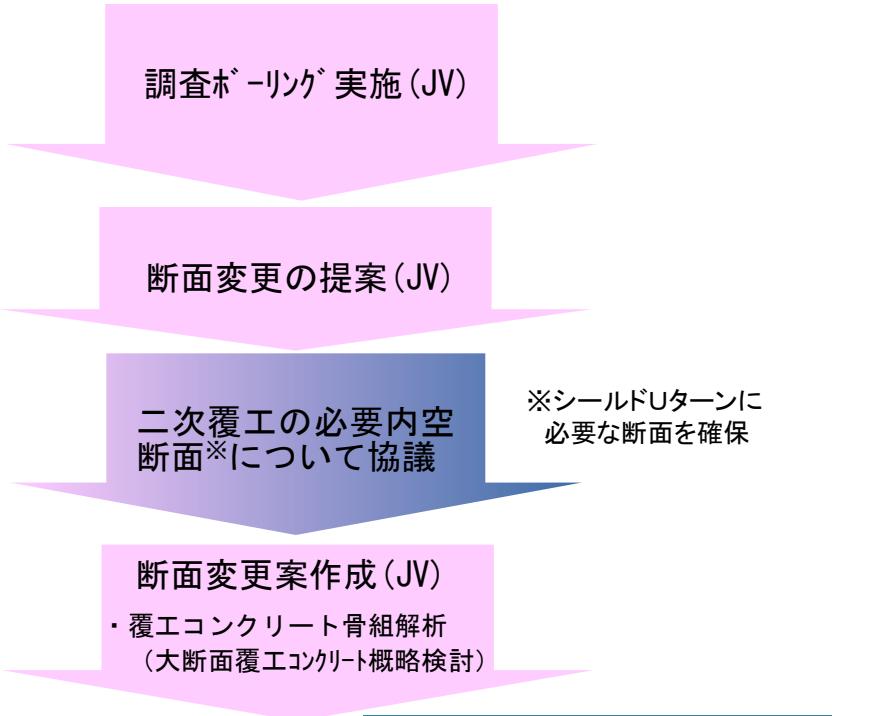
当初設計における断面図と追加ボーリング結果を反映した断面図を下図に示す。これにより、当初設計では岩被り約2.1mであったものが、地層を見直した結果、岩被りが最小で1.0m程度となること判明したため、断面形状の変更に向け検討を開始した。



4 博多駅工区ナトム区間の施工

(3) - 2 大断面トンネル（断面変更）

トンネル断面を扁平（平ら）にした場合の安全性を検討し、施工に着手した。



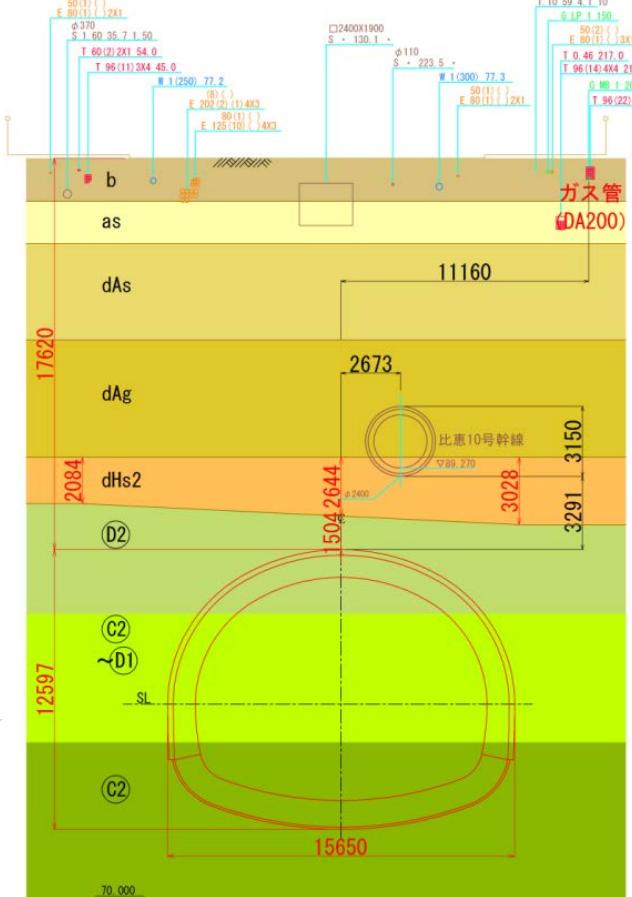
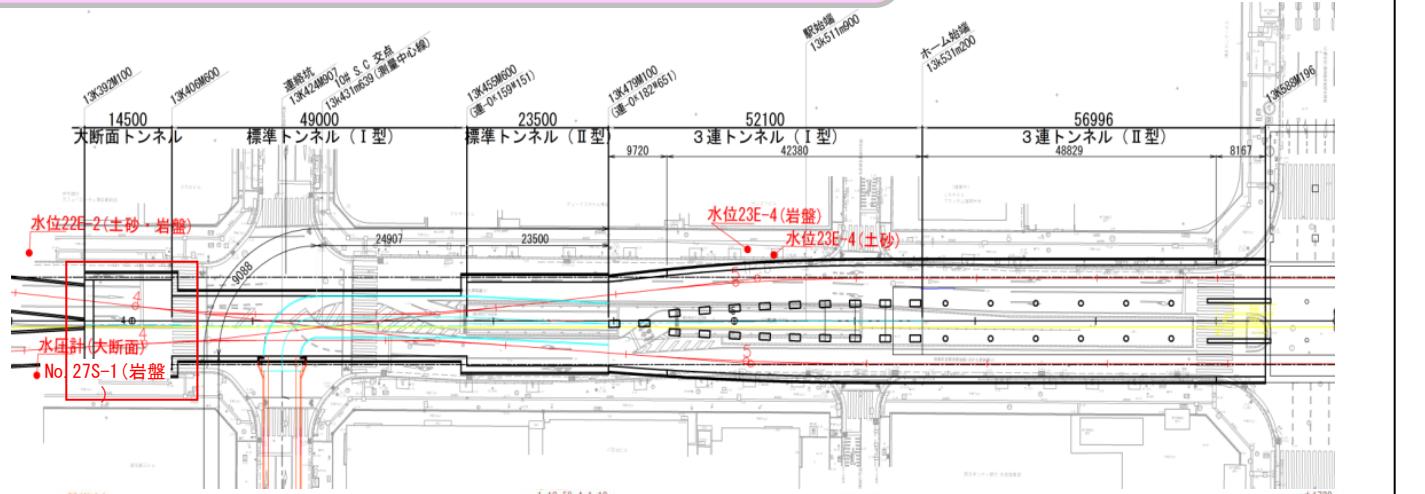
大成JV

- ・ 施工計画作成 (導坑掘削, 上半切掘削)
- ・ FEM解析 (大断面トンネル掘削時の再予測解析と管理基準値設定)

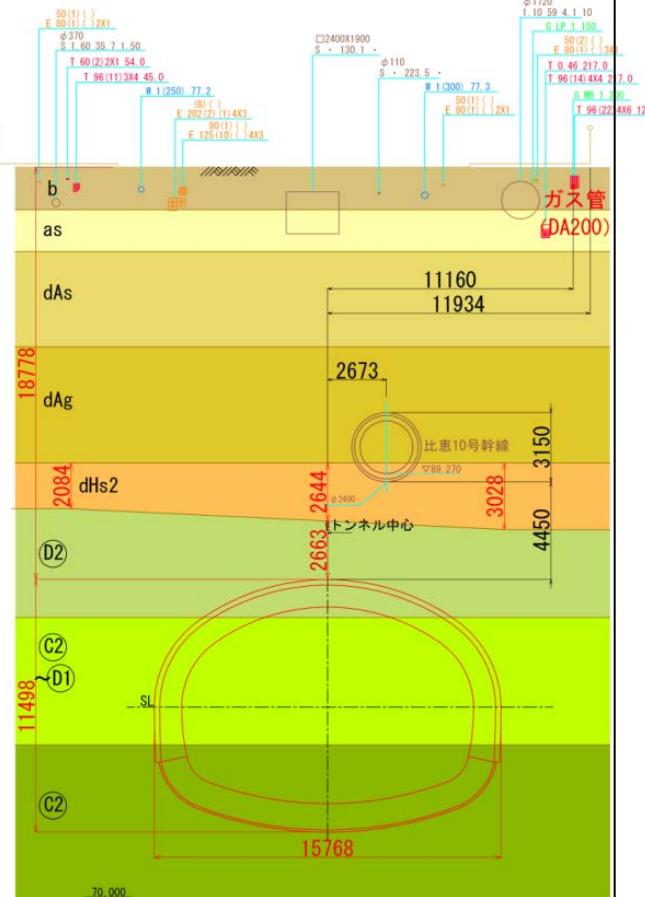
交通局・設計コンサルタント

- ・ 大断面部変更設計委託 (内空断面の検討, 覆工の設計, 上記に伴う支保工形状変更及び概略応力チェック)

大断面部の施工



当初断面



変更断面

4 博多駅工区ナトム区間の施工

(3) - 3 大断面トンネル（補助工法変更）

●当初設計と追加ボーリング結果、掘削実績に基づいた地層分布の比較

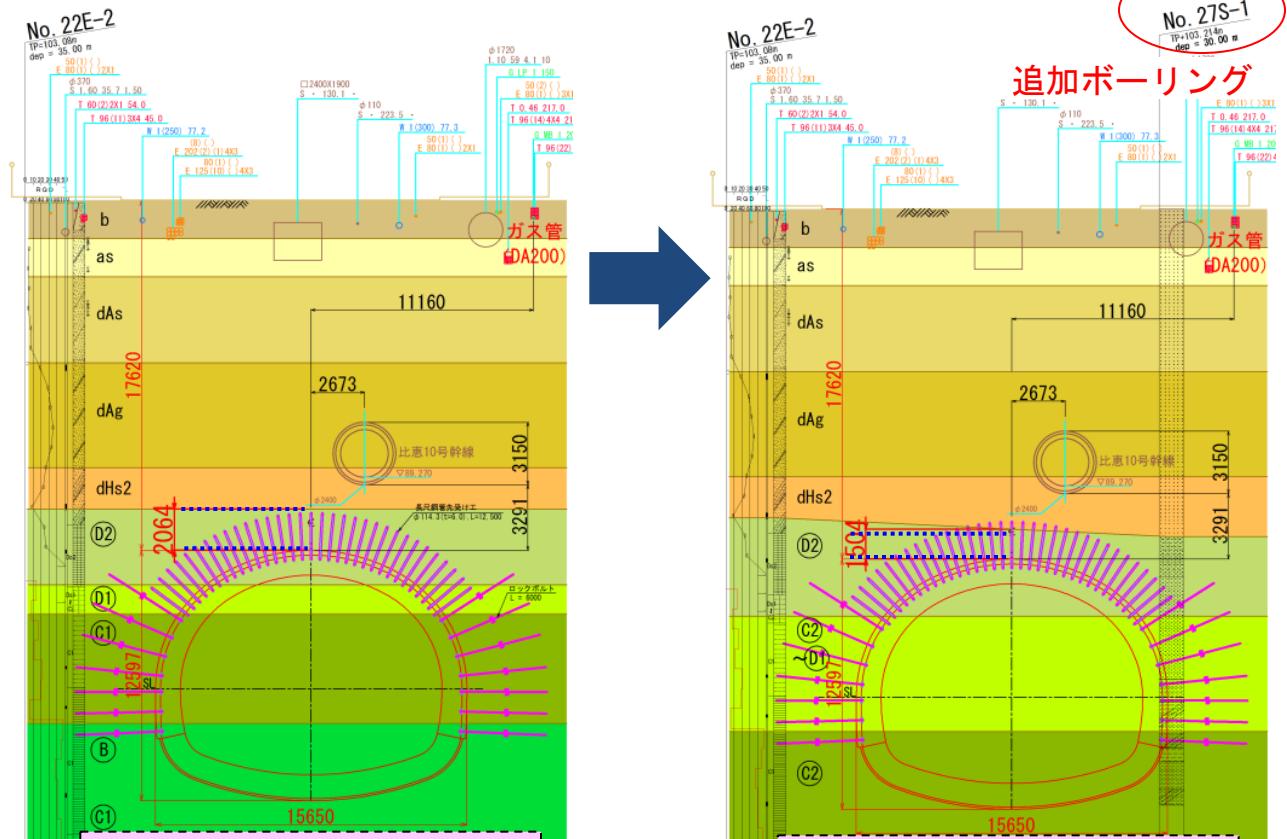
- 追加ボーリング結果より、土砂層厚が増加し岩被りが約2.1mから約1.5mとなった。



- 大断面トンネルの形状をより扁平にし、岩被り2m以上を確保した。
- 補助工法の見直し。

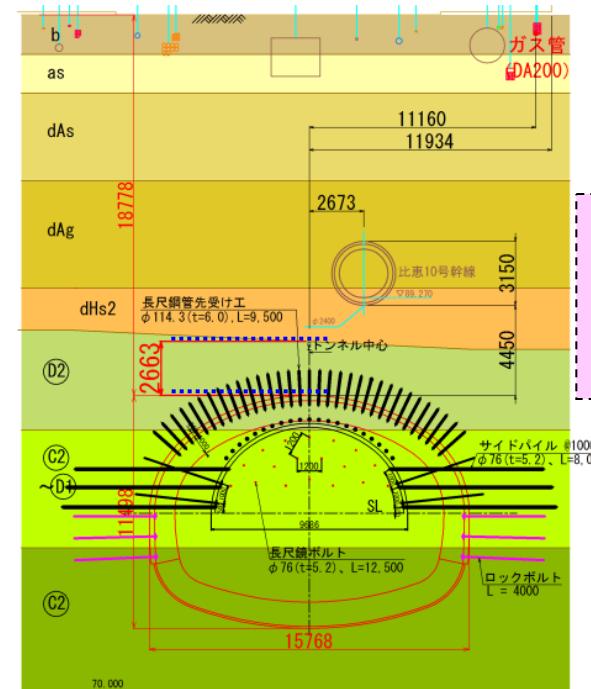
大成JVより、地上部からの薬液注入工について、地下埋設物が支障となり、十分な効果が上がらない可能性があることなどから、より安全な施工とするために、下記の提案があり、これを採用した。

- 注入式長尺鋼管先受工二重化
- 注入式サイドパイル工
- 高強度吹付コンクリート工
- 長尺鏡ボルト工



地層分布：変更前
トンネル形状：変更前
掘削方法：変更前
↓
岩被り：約2.1m

地層分布：変更後
トンネル形状：変更前
掘削方法：変更前
↓
岩被り：約1.5m

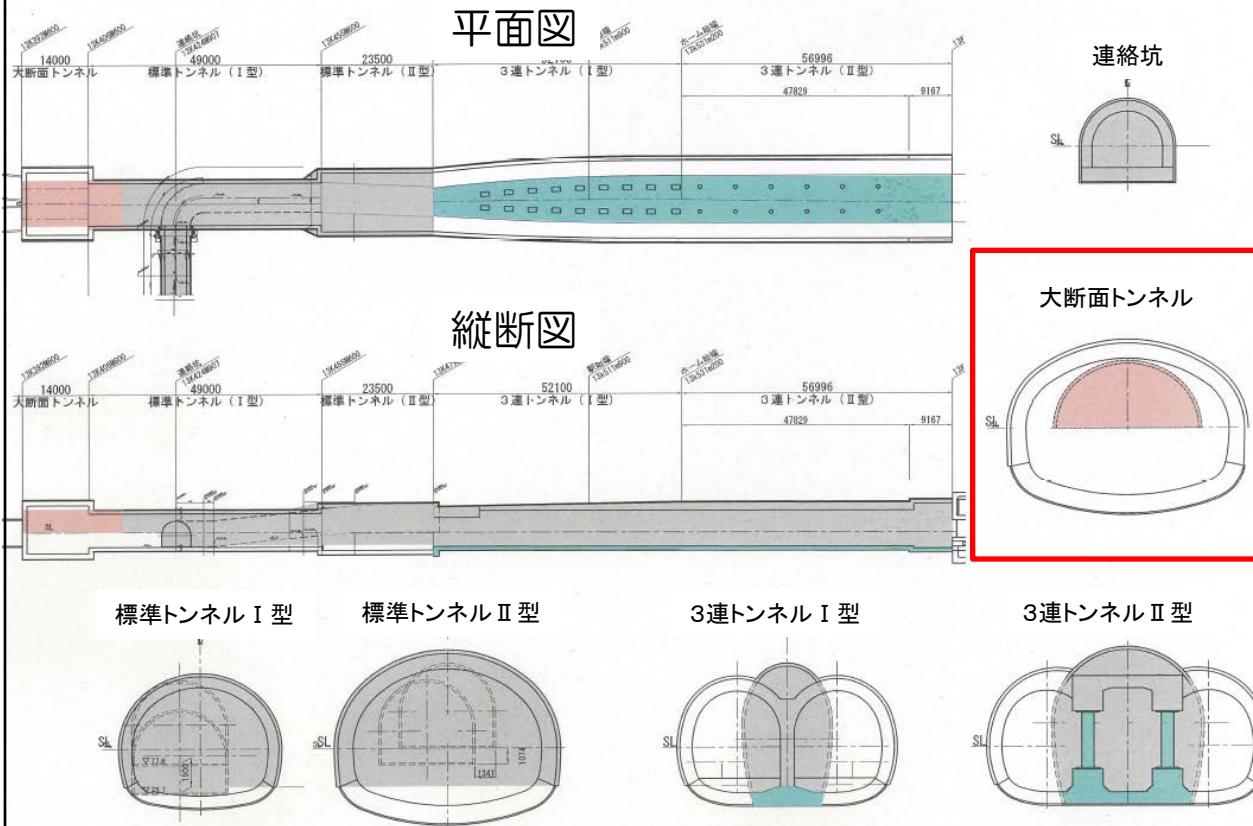


地層分布：変更後
トンネル形状：変更後
掘削方法：変更後
↓
岩被り：約2.7m

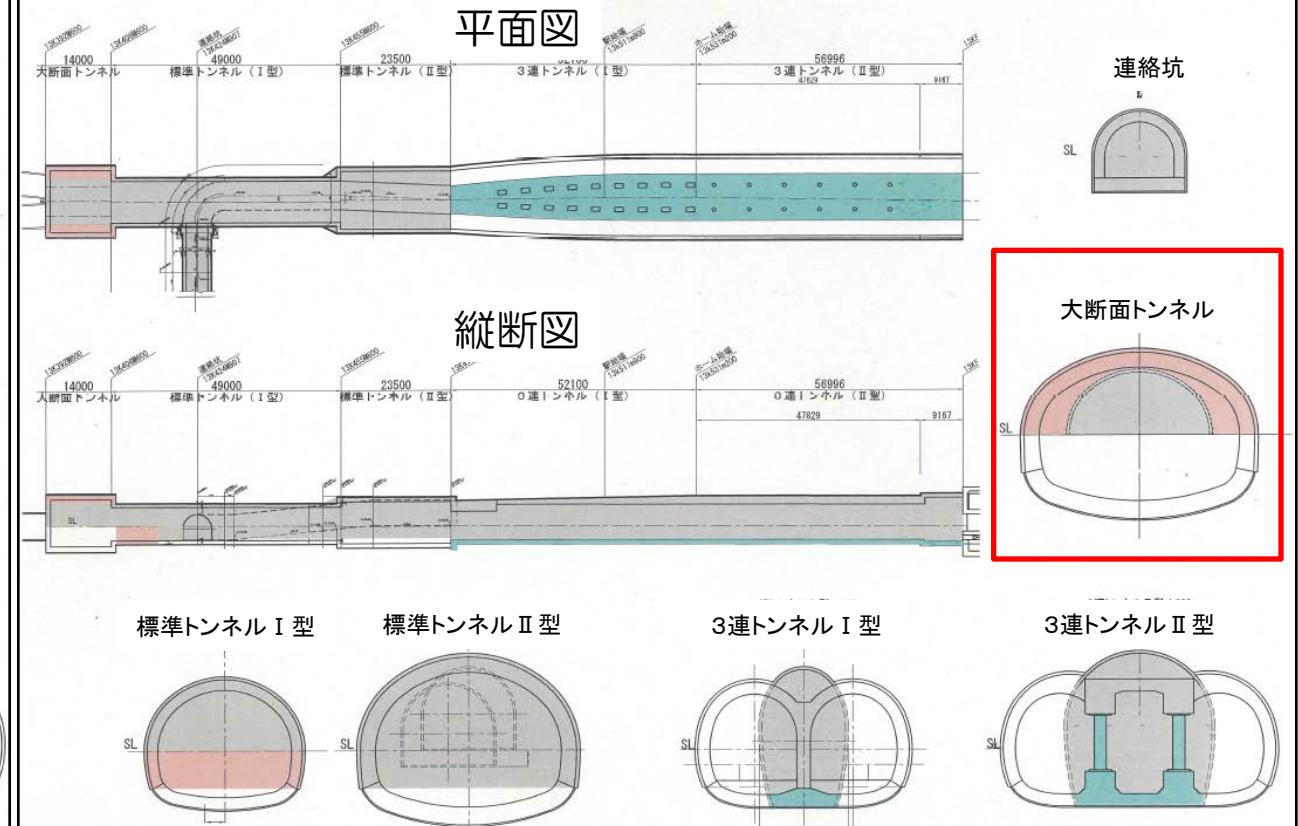
4 博多駅工区ナトム区間の施工

(3) - 4 大断面トンネル掘削手順 (事故発生まで)

①標準トンネル I 型上半掘削+大断面トンネル先進導坑掘削 平成28年9月～平成28年10月



②標準トンネル I 型下半掘削+大断面トンネル上半切上げ掘削 平成28年10月～平成28年11月



凡例	
	施工中
	施工完了
	躯体構築